

**GUILHERME RODRIGO TEITGE**

**ANÁLISE DA COLONIZAÇÃO E SUCESSÃO ECOLÓGICA DA MACROFAUNA  
BENTÔNICA ATRAVÉS DE SUBSTRATO ARTIFICIAL**

CURITIBA  
2012

GUILHERME RODRIGO TEITGE

**ANÁLISE DA COLONIZAÇÃO E SUCESSÃO ECOLÓGICA DA MACROFAUNA  
BENTÔNICA ATRAVÉS DE SUBSTRATO ARTIFICIAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ecologia e Conservação.

Orientador Dr. Luís Fernando Fávaro

CURITIBA  
2012

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Francisco e Elen, os quais me serviram como exemplo de vida, ética, sabedoria, trabalho.

Aos meus familiares pela compreensão, amor, carinho, confiança, incentivo e pelas palavras de apoio ao longo de toda minha vida.

A minha mentora e mãe científica Edinalva Oliveira pela honra que tive em apreender a teoria e prática da ecologia e da zoologia e pelo auxílio na identificação dos organismos.

Ao meu orientador, Luís Fernando Fávaro, pela amizade, confiança, apoio e compreensão ao longo do estudo.

Aos professores Jean Vitule, Maurício Moura, Lucélia Donatti, Vinícius Abilhoa, Rosana Rocha, Viviane Silva e Ricardo Miranda Britez, Ana Meyer, que sempre apoiaram, esclareceram dúvidas e pelos seus comentários pertinentes.

Aos colegas pelo incentivo e auxílio nas atividades de campo: Francisco Brunetta, Patrick Cordeiro, Christian Lejeune, Raphael Louback.

Aos amigos do Museu do Capão da Imbuia Raul Rennó Braga, Marcos Valduga, Felipe Skora, Matheus Freitas e Hugo Bornatowski.

Ao Instituto Ambiental do Paraná pela liberação da Licença para desenvolvimento dos estudos no Reserva do Morro da Mina.

A Universidade Federal do Paraná pelo auxílio concedido ao desenvolvimento da Pesquisa.

A SPVS por ceder gentilmente a área de estudo, Reserva do Morro da Mina contribuindo para o desenvolvimento da Pesquisa.

Ao pessoal de apoio em campo da SPVS, Sebastiana, Antonio, Rafael, os quais cooperaram com as atividades dentro da reserva natural Morro da Mina.

*“A Terra oferece o suficiente para satisfazer todas as necessidades do homem, mas não todas as suas ganâncias.”*

**Mahatma Gandhi**

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	1
<b>RESUMO</b> .....	1
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	2
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	5
Área de estudo .....	5
Atrator Artificial .....	7
Experimento .....	8
Análises dos dados .....	9
<b>RESULTADOS</b> .....	10
<b>DISCUSSÃO</b> .....	19
<b>REFERENCIAS</b> .....	23

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Trecho do Rio Mundo Novo selecionado para implantação do experimento. ....	7
<b>Figura 2</b> – Atrator de Polietileno Tereftalato (PET) utilizado no estudo. ....	7
<b>Figura 3</b> – Frequência percentual (%) total dos organismos registrados, frequências distribuídas para cada intervalo de retirada ao longo do estudo. ....	11
<b>Figura 4</b> – Regressões lineares nas diferentes resoluções taxonômicas, relação a riqueza de espécies com o número de amostras ao retiradas ao longo do período de colonização. ....	13
<b>Figura 5</b> – Análise da abundância relativa parcial das oito famílias mais expressivas durante os intervalos de retirada. ....	14
<b>Figura 6</b> – Representação gráfica da ordenação resultante da análise de escalonamento multidimensional não métrica (NMDS) para três resoluções taxonômicas (Ordem, Família, Gênero/ Morfotipo) e Guilda.....	15

## LISTA DE TABELAS

**Tabela I** – Dados abióticos coletados para cada intervalo de retirada do experimento. .... 10

**Tabela II** – Número de taxa, índice de diversidade ( $H'$ ), equitabilidade (E), riqueza específica (R) e abundância total registrados durante o período de análise. .... 11

**Tabela III** – Lista de macroinvertebrados ocorridos no processo de colonização e sucessão, analisados com o uso do atrator artificial. X = ocorrência do taxa. .... 12

**Tabela IV** – Análise de quebra de similaridades – SIMPER para resolução taxonômica Ordem. Valores \* - valor médio de similaridade da amostra; valores em negrito – taxa com maiores contribuições para a similaridade das amostras. Valores em porcentagem. .... 17

**Tabela V** – Análise de quebra de similaridades – SIMPER para resolução taxonômica Família. Valores \* - valor médio de similaridade da amostra; valores em negrito – taxa com maiores contribuições para a similaridade das amostras. Valores em porcentagem. .... 17

**Tabela VI** – Análise de quebra de similaridades – SIMPER para resolução taxonômica Gênero/Morfotipo. Valores \* - valor médio de similaridade da amostra; valores em negrito – taxa com maiores contribuições para a similaridade das amostras. Valores em porcentagem. .... 18

**Tabela VII** – Análise de quebra de similaridades – SIMPER para resolução de Guildas Tróficas. Valores \* - valor médio de similaridade da amostra. Valores em negrito – taxa com maiores contribuições para a similaridade das amostras. Valores em porcentagem. .... 18

# ANALYSIS OF BENTHIC MACROFAUNA COLONIZATION AND ECOLOGICAL SUCCESSION THROUGH ARTIFICIAL SUBSTRATE

## *ANÁLISE DA COLONIZAÇÃO E SUCESSÃO ECOLÓGICA DA MACROFAUNA BENTÔNICA ATRAVÉS DE SUBSTRATO ARTIFICIAL*

Guilherme Rodrigo Teitge<sup>1</sup> & Luís Fernando Fávaro<sup>2</sup>

**Abstract:** This study aimed to analyze the colonization of macrofauna over 60 days in a 3rd order river in the Atlantic Rainforest of Paraná State through artificial substrates. The use of artificial substrates as a method of collection is still little used in Brazil and much discussed by the scientific community in terms of efficiency, are more often used in studies of environmental quality in lentic environments. 4914 organisms were collected in 38 taxa. Insecta were the most representative group (98%). Chironomidae was more abundant at the end of the study; however families Baetidae and Leptophlebiidae has shown to be potential early settlers, being replaced by Chironomidae from the 7th day of colonization. In terms of guild, group of collectors was the most common throughout the study period, a fact related to the study site and because of the conservation of the riparian zone, followed by the scrapers guild. The analyzes at different taxonomic and ecological resolutions showed that ecological succession occurred cumulatively and not discrete as was expected according to Clements's theory.

**Key-words:** Macroinvertebrates; Temporal Variation, Attractor artificial; Taxonomic Resolution.

**Resumo:** O presente trabalho teve como objetivo analisar a colonização da macrofauna, ao longo de 60 dias, em um rio de 3ª ordem de baixo curso na Mata Atlântica Paranaense, através de substratos artificiais. A utilização de substratos artificiais como método de coleta ainda é pouco usado no Brasil e muito discutido pela comunidade científica em termos eficiência, sendo mais utilizados em estudos de qualidade ambiental em ambientes lênticos. Foram coletados 4914 organismos distribuídos em 38 taxa, sendo que os Insecta foram o grupo mais representativo (98%). Chironomidae foi a família com maior abundância ao final do estudo, entretanto as famílias Baetidae e Leptophlebiidae mostram ser colonizadores iniciais em potencial, sendo substituídos por Chironomidae a partir do 7º dia de colonização. Em termos de guilda o grupo dos coletores foi o mais representativo em todo o período de estudo, fato relacionado com o local de estudo e devido à conservação da zona ripária, seguido pela guilda dos raspadores. As análises em diferentes resoluções taxonômicas e ecológicas mostrou que sucessão ecológica se deu de maneira cumulativa e não discreta como era de se esperar de acordo a teoria de Clements.

**Palavras-chaves:** Macroinvertebrados; Variação Temporal, Atrator artificial. Resolução Taxonômica.



## INTRODUÇÃO

Ambientes lóticos tais como rios, córregos e ribeirões, tem características particulares em termos ecológicos quando comparados aos ambientes terrestres, a dinâmica da resiliência, que nada mais é do que a capacidade do sistema retornar ao seu estado organizado prévio, uma vez que é comum que estes ambientes sofram distúrbios hidrológicos naturais. Outro fator é a resistência, ou seja, quanto o ambiente pode resistir a um determinado impacto ou condição adversa. Tanto a capacidade de resiliência de um ecossistema quanto a resistência é um resultado das interações físicas e químicas com o meio biótico, permitindo a manutenção do equilíbrio dinâmico dentro do sistema, pois as comunidades locais se estruturam conforme as condições ambientais impostas (Collier & Winterbourn 2000).

Os macroinvertebrados bentônicos formam um grupo em potencial para compreensão dos ecossistemas aquáticos, por apresentar grande diversidade taxonômica (principalmente, pelos taxa Insecta, Acarina, Crustacea, Gastropoda, Bivalvia, Oligochaeta e Hydrudinea), tendo diversos organismos que passam parte de suas vidas no ambiente aquático e outra no terrestre. O grupo é utilizados no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos porque alguns taxa são mais sensíveis a perturbações enquanto outros mais tolerantes (Baptista, 2008; Gullan & Cranston, 2008; Esteves, 2011).

A teoria da sucessão ecológica proposta por Frederic Clements em 1916, em seu trabalho clássico *Plant Sucession: An analysis of the development of Vegetation*, citada na época como: “uma sequência de comunidades vegetais marcada pela mudança desde as menores até as maiores formas de vida”. Este conceito foi satisfatório durante muito tempo para a maioria dos ecólogos, conhecida atualmente como vertente determinista clementsiana (Pelicice, 2010), pois Clements caracterizava a comunidade como um superorganismos e a sucessão seria um processo determinístico e organizado, similar ao desenvolvimento de um organismos qualquer culminando no “clímax”.

Eugene Odum definiu a sucessão ecológica como o desenvolvimento do ecossistema, envolvendo mudanças na estrutura de espécies da comunidade ao longo do tempo (Odum, 1988). A sucessão ecológica seria assim um processo razoavelmente direcional e previsível, resultante da modificação do ambiente físico pela comunidade, embora o ambiente físico determine os limites de desenvolvimento dela, culminando em um ecossistema estabilizado, ou seja, o clímax (Odum, 1988).

Henry Gleason não concordava com as idéias de Clements. Neste contexto as espécies responderiam independentemente umas das outras, sendo discutível a idéia de um clímax final previsível e imutável. Sendo assim a sucessão reflete somente “mudança”, sem que isso implique fim algum (Gleason, 1926).

No entanto os processos que influenciavam a sucessão em comunidades naturais não estão completamente elucidados. Para Connell e Slatyer (1977) dois fatores são os principais reguladores da sucessão ecológica: a) os mecanismos que irão determinar as mudanças ao longo do processo sucessional; b) as interações entre as diferentes comunidades estabelecidas e ou substituídas ao longo do processo e sua organização espacial. Portanto existem duas escalas envolvidas no processo de sucessão ecológica; temporal e espacial.

Os estudos do processo de sucessão ecológica são muito relacionados a assuntos botânicos, basicamente estudados e testados com organismos vegetais ao longo dos anos. Isso ocorre, porque estas espécies permitem verificar com maior facilidade as mudanças na comunidade nas escalas temporais e espaciais, favorecendo o aumento do conhecimento deste processo. Três modelos de sucessão foram propostos ao longo do século XX: a) na facilitação, uma espécie inicial do processo modifica o ambiente facilitando a colonização por outra espécie com características mais tardias; b) o modelo de tolerância, as espécies iniciais não irão influenciar (positivamente ou negativamente) no recrutamento e crescimento das espécies tardias, ou seja, os fatores abióticos como, por exemplo, sombra e luminosidade, regulam o processo de sucessão; c) o mecanismo de inibição de possíveis colonizadores, neste exemplo aparecem as espécies dominantes que de alguma forma irão dominar a comunidade, através maior capacidade de competição em relação as outras espécies ou por outras interações ecológicas que permitam que espécie obtenham um maior sucesso (alelopatia) ( Connell & Slatyer, 1977).

Nos ambientes aquáticos interiores, as comunidades estão submetidas a uma continua interação entre as forças reguladoras destes ambientes (temperatura da água, quantidade de luz e nutrientes, etc), a limitação da reprodução e desenvolvimento dos organismos e as interações biológicas e flutuações populacionais, principalmente em ambientes lóticos onde o fluxo energético é unidirecional. Dessa maneira, a ordenação de um processo de sucessão ecológica torna-se complexa e sua caracterização depende da capacidade de amostragem de informações do ambiente e dos organismos a serem estudados, bem como de informações sinópticas e simultâneas com intuito de se obter

uma boa análise de organização e sucessão da comunidade em questão (Tundisi & Tundisi, 2011).

A escala temporal da colonização e sucessão pode variar de períodos muito curtos a muito longos, dependendo da interação entre os fatores acima mencionados. As variações na escala espacial devem-se às condições em que o ambiente se encontra (prístino, alterado ou poluído), os mais diversos recursos que ele disponibiliza naquele instante e também na forma em que os ambientes se conectam. Os fatores biológicos variam de acordo com a história de vida de cada espécie dentro do grupo dos macroinvertebrados e suas respectivas estratégias reprodutivas bem como do *pool* de espécies disponíveis para colonização. A sazonalidade é um fator importante na escala temporal, que acaba por afetar direta e indiretamente a comunidade biológica, quanto aos eventos de reprodução, oviposição, dispersão, os quais são fortemente regulados pelos fatores abióticos sazonais tais como, incidência luminosa, temperatura e regime de chuvas. Ainda, a exploração de nicho e as amplitudes de tolerância, relacionadas a fatores abióticos, também irão afetar o processo de colonização e sucessão.

A estrutura da comunidade de macroinvertebrados e seu processo de colonização e sucessão ecológica podem ser avaliados através do uso de substratos artificiais (atratores), segundo Ribeiro & Uieda (2005) são favoráveis ao uso desta metodologia é favorável para experimentos que tenham como objetivo analisar a composição e estruturação da macrofauna bentônica, pois o método permite uma padronização da área de amostragem, bem como a determinação exata do início do processo de colonização. Silveira & Queiroz (2006) afirmam que a utilização de atratores resulta em maior riqueza e diversidade de organismos quando comparado a outras metodologias de amostragem.

Os amostradores artificiais apresentam várias vantagens na sua utilização, pois além do baixo custo, a facilidade de confecção, ainda permitem: a) obtenção de dados de locais que não poderiam ser obtidos de maneira convencional (com a utilização de dragas ou surbers); b) a redução da variabilidade das amostras; c) um maior controle das variáveis relacionadas ao estudo; d) uma triagem mais rápida do material pelo fato da unidade amostral conter menos material alóctone, um tipo de amostragem não destrutiva ao ambiente.

Para o estudo de comunidades ecológicas, recentemente diferentes formas de resolução taxonômica tem sido muito aplicadas no estudo de macroinvertebrados (Marshall et al. 2006), pois dependendo no nível de identificação dos organismos as

informações são diferentes. Muitos pesquisadores afirmam que níveis mais altos de resolução como espécie ou gênero tem maiores informações sobre a comunidade, pois cada espécie tem características particulares, preferências e tolerâncias, fatores que irão determinar a características de ocorrência, abundância e consequentemente determinaram a comunidade (Poff, 1997). Entretanto alguns pesquisadores afirmam que a identificação dos organismos a níveis mais baixos de resolução taxonômica, como família e até mesmo ordem podem dar respostas satisfatórias no nível de estudos do entendimento de comunidades (Resh & McElvay, 1993; Resh et al. 1995).

Os grupos de alimentação funcional podem ser considerados como guildas tróficas que agrupam qualitativamente macroinvertebrados que utilizam os mesmos recursos de uma maneira morfo-comportamental similares (Simberloff & Dayan, 1991; Rosenberg & Resh, 1996; Merritt & Cummins, 1996). A possibilidade de enquadrarmos os invertebrados em categorias funcionais torna este grupo particularmente importante na avaliação do estado e condição do ambiente, principalmente devido a alta abundância relativa e a capacidade de resposta à modificações na estrutura dos sistemas naturais, bem como na interpretação da estrutura das comunidades sob uma outra ótica (Longino & Colwell, 1997).

Este estudo tem como objetivo caracterizar, através da utilização de atratores artificiais, o processo de colonização e sucessão ecológica de macroinvertebrados bentônicos em um trecho de um rio de pequeno porte. Além de verificar estes processos ecológicos em diferentes resoluções taxonômicas e grupos funcionais. Também visa identificar o padrão de sucessão ecológica gleisoniana ou clementsiana, utilizando de uma prática que permita avaliar as condições e monitorar ambientes aquáticos lóticos, de maneira confiável, relativamente rápida e sem alterar o ambiente em estudo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

O estudo foi realizado na Reserva Particular do Patrimônio Natural Morro da Mina (RPPN/MM), localizada (25°21' a 25°25' S e 48°46' a 48° 51' W), no litoral estado do Paraná. Esta unidade de conservação, que tem como objetivo preservar e restaurar o bioma Mata Atlântica, é administrada pela Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem (SPVS).

A área total da reserva é de 2.307.ha, banhada por diversos cursos d'água que nascem no interior da RPPN ou em suas proximidades. Na porção serrana os rios são de águas límpidas, muitas vezes encachoeirados e com grande quantidade de matacões em seus leitos. Na zona de planície os rios apresentam um perfil de baixo curso, com meandros e matacões, seixos rolados e depósitos de areia, não navegáveis, que sofrem influência das marés nos seus trechos finais e que, frequentemente, no período de chuvas, transbordam formando lagoas marginais (SPVS, 1991).

O clima da região foi classificado, de acordo com Koeppen, em *Af*, tipo pluvial tropical em transição, sendo caracterizado por clima úmido, com um fraco estágio seco durante os meses do inverno. As geadas são raras neste clima e as precipitações anuais variam entre 2.500mm a 3.000mm (Maack, 1981).

Na maior parte da região litorânea, e em quase toda a área da RPPN Morro da Mina a vegetação original encontra-se quase toda descaracterizada devido à extração madeireira, a exploração de minério de ferro e a intensa ocupação humana. A RPPN Morro da Mina apresenta um mosaico de formações vegetais secundárias, com variações fisionômicas, estruturais e florísticas, de acordo com o tipo de solo, o estágio de desenvolvimento e o nível de interferência antrópica, predominando a fase inicial de floresta nas partes mais planas e as fases intermediárias nas encostas dos morros (SPVS, 1991). Os tipos de vegetação que predominam na área da reserva encontram-se ilustrados na Figura 1. A RPPN Morro da Mina apresenta uma fauna representativa da floresta Atlântica e dos ecossistemas associados, com todos os tipos ambientais da planície litorânea.

As amostragens foram realizadas em um trecho do rio Mundo Novo, classificado como um riacho de 3ª Ordem e nasce no interior da RPPN Morro da Mina, 25° 21' 762''S - 48° 49' 113''W. Caracterizado por apresentar correnteza leve, profundidade inferior a 1,2 m, largura variando de 8 a 12 m, com vegetação ripária bem conservada em ambas as margens e substrato predominantemente areno/rochoso com presença de seixos (Fig. 1).



Figura 1 - Trecho do Rio Mundo Novo selecionado para implantação do experimento.

### **Atrator Artificial**

O modelo de atrator aplicado foi baseado no modelo de Volkmer-Ribeiro et al. (2004) e sofreu algumas modificações. Os atratores de garrafas PET com volume de 1 litro, perfurada contendo 112 orifícios de 1 cm de raio em toda a extensão. O interior das garrafas foram preenchidos com 300g de pedra brita “tipo 1” e com 20g de retículo celulósico seco da fruta da bucha *Luffa cylindra* (Fig. 2).



Figura 2 - Atrator de Polietileno Tereftalato (PET) utilizado no estudo.

Os amostradores foram identificados individualmente com uma bóia numerada e amarrada a uma linha de nylon com a finalidade de identificar e facilitar sua retirada do ambiente. A implantação dos amostradores foi feita de forma aleatória, sendo arremessados da margem para o leito do rio. A fim de obter maior estabilidade e diminuir o deslocamento, os amostradores foram presos com nylon a arames que cruzavam o rio.

## **Experimento**

No trecho selecionado do rio Mundo Novo, foram instalados, em Novembro/2010, 52 amostradores conforme descrito anteriormente. Para estudar a variação temporal da colonização foram retirados, por sorteio, cinco amostradores no 1º, 3º, 7º, 14º, 30º e 60º dias de permanência no local, totalizando seis intervalos de retirada com 30 atratores analisados ao final do experimento. A retirada de cada réplica se deu de maneira aleatória. Os 22 atratores que foram colocados a mais no ambiente e não foram analisados e tinham a finalidade de evitar imprevistos (chuvas fortes e vandalismo) que pudessem inviabilizar o experimento e as retiradas dos atratores. Esses atratores remanescentes foram perdidos devido à alta pluviosidade registrada no mês de fevereiro no litoral paranaense.

Durante a retirada de cada amostrador, o mesmo foi envolvido em um saco de algodão, ainda no interior do leito do rio. Após a retirada da água, o material foi fixado, depositado em saco plástico com solução de formaldeído 10%.

Em cada fase amostral para retirada dos substratos artificiais, foram mensurados: profundidade, transparência da água, temperatura do ar e da água de superfície, pH da água de superfície, condutividade, oxigênio dissolvido e velocidade de correnteza.

Em laboratório todo o volume contido dentro do atrator (rochas, retículo celulósico e organismos coletados) foi transferido para álcool 70% para triagem. Na triagem do material biológico, os componentes dos atratores foram filtrados em peneira com malha de 1 mm e, posteriormente, submetidos a cinco lavagens e filtrações. Ainda, os retículos celulósicos foram observados no microscópio estereoscópico. O material a ser analisado foi depositado em frascos plásticos de 80 ml.

A identificação do material biológico foi efetuada ao menor nível taxonômico possível, utilizando microscópio estereoscópico e o auxílio de chaves de identificação disponíveis na literatura (McCafferty, 1981; Pérez, 1988; Lopretto & Tell, 1995;

Trivinho-Strixino & Strixino, 1995; Chacón & Segnini, 1996; Merrit & Cummins, 1996; Wiggins, 1996; Voshell, Jr, 2002; Costa et. al. 2004; Thorp & Covich, 2010).

### **Análise dos dados**

Os dados de captura dos taxa foram analisados sob a ótica de suas abundâncias absolutas e percentuais ,bem como pela frequência total dos taxa. Os índices de diversidade de Shanonn & Wiener ( $H'$ ), equitabilidade de Pielou ( $E$ ) e riqueza de espécies de Margalef ( $R$ ), os quais também foram usados como descritores desta comunidade, bem como para a compreensão dos processos de colonização e de sucessão ecológica dos macroinvertebrados.

A regressão linear simples foi aplicada a fim de verificar a variação da riqueza de espécies em relação aos intervalos propostos no estudo, considerando as três resoluções taxonômicas testadas (Ordem, Família, Gênero/Morfotipo) permitindo assim as interpretações do processo de colonização (Krebs, 1999).

Para a análise da sucessão ecológica uma análise quantitativa gráfica (Broewer & Zar, 1984) foi aplicada através da avaliação das abundâncias das famílias de maior expressão (resultados em percentagem), durante o processo de colonização analisado (1º, 3º, 7º, 14º, 30º e 60º dias).

Neste estudo adotamos três níveis taxonômicos distintos a serem analisados, são eles: nível de Ordem (menor resolução), nível de Família (resolução intermediária) e nível de Gênero/Morfotipo (maior resolução), neste último caso alguns organismos não foram identificados ao nível de gênero e foram considerados morfotipos. Além disso, a resolução ecológica de guildas tróficas também foi utilizada para compreensão dos processos ecológicos.

Para investigar a similaridade entre as abundâncias de macroinvertebrados nos diferentes períodos de colonização, considerando as diferentes resoluções taxonômicas (Ordem, Família, Gênero/Morfotipo) e as guildas tróficas, foram realizadas análises de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS), análises de similaridade (ANOSIM). O ANOSIM é uma técnica não paramétrica, análoga à análise de variância que produz um coeficiente ( $R$ ) com amplitude de variação entre -1 a 1. Valores próximos a zero significam aceite da hipótese nula e a probabilidade ( $p$ ) representa a porcentagem de risco de ocorrer erro Tipo I segundo a nomenclatura estatística (Clarke & Warwick 2001). As análises de quebra de porcentagem de similaridade (SIMPER) foram utilizada para verificar o quanto que cada taxa nas diferentes resoluções



taxonômicas testadas está contribuindo para a similaridade da amostra (Clarke & Warnick, 2001). As matrizes de similaridade foram construídas por meio do coeficiente de Bray-Curtis. Os dados de abundâncias totais para cada táxon utilizados nesta análise foram tiveram seus valores transformados em raiz quadrada.

## RESULTADOS

Os dados abióticos coletados durante o estudo estão apresentados na tabela 1. A maioria das variáveis ambientais amostradas não apresentou variações drásticas durante os intervalos de retirada, a exceção apenas da velocidade de correnteza que durante o ultimo intervalo de retirada teve um aumento comparado aos outros períodos do estudo (época de chuvas fortes na região). No período de estudo a profundidade variou de 26 cm a 109cm e a transparência sempre foi total.

Tabela I – Dados abióticos coletados para cada intervalo de retirada do experimento.

Dias de	Variáveis Abióticas					
	T°C Ar	T°C	pH	O <sub>2</sub> Dissolv.	Condutiv.	Vel. corrente (m/s)
Dia 0	24,0°C	21,4°C	8,17	6,4 mg/L	0,31 mV	5,41
Dia 1	29,0°C	23,0°C	8,05	5,9mg/L	0,26 mV	5,23
Dia 3	24,5°C	21,5°C	8,27	6,1 mg/L	0,42 mV	4,88
Dia 7	23,0°C	21,8°C	8,31	6,8 mg/L	0,41 mV	5,46
Dia 15	29,0°C	23,4°C	8,32	7,3mg/L	0,35 mV	4,95
Dia 30	35,0°C	22,9°C	7,92	7,7mg/L	0,38 mV	4,70
Dia 60	33,0°C	22,1°C	8,41	6,8mg/L	0,40 mV	7,22

Ao final do experimento foi registrado um total de 38 taxa (Tab. III), totalizando 4914 espécimes coletados. O grupo de organismos mais abundantes, representando 98,11% do total, foi Hexapoda (n = 4821). As ordens que ocorreram foram Ephemeroptera, Diptera, Trichoptera, Coleoptera, Odonata e Plecoptera.

Os taxa registrados com as menores frequências percentuais, representando 1,89% do total (n = 93) foram: Isopoda, Hidracarina, Nematoda, Hydrozoa, Crustacea (Aeglidae) e Mollusca (Hydrobiidae). Mesmo com a baixa representatividade em termos de abundância todos os taxa considerados raros foram incluídos nas análises descritoras da comunidade (índices ecológicos e análises exploratórias).

As famílias com maiores frequências percentuais ao final dos 60 dias foram Chironomidae (45,10%), Baetidae (16,73%) e Elmidae (11,38%), as quais totalizaram

73,20% dos organismos coletados. A família Chironomidae foi representada pelo gênero *Chironomus*, a família Baetidae pelos gêneros *Baetis* e *Baeto*, e a família Elmidae pelos gêneros *Heterelmis*, *Phanocerus* e *Microyllopus*.

Do total dos organismos registrados ao longo do estudo 1,67% ocorreu no 1º dia, 3,44% no 3º dia, 9,67% no 7º dia, 13,76% no 14º dia, 24,73% no 30º dia e 46,74% no 60º dia, demonstrando um aumento progressivo da colonização dos macroinvertebrados nos amostradores ao longo do tempo em relação a abundância total dos organismos coletados. (Fig.3).

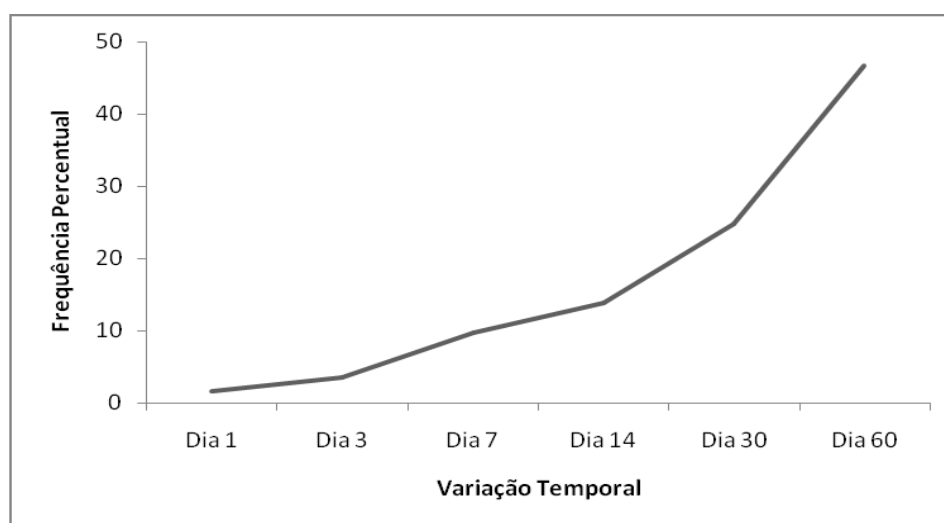


Figura 3 - Frequência percentual (%) total dos organismos registrados, frequências distribuídas para cada intervalo de retirada ao longo do estudo.

De maneira geral, o número de taxa, o índice de diversidade ( $H'$ ), a riqueza de espécies ( $R$ ) e a abundância demonstraram o mesmo padrão de variação temporal, com os valores aumentando gradativamente ao longo do período de estudo enquanto que a equitabilidade demonstrou um padrão inverso. (Tab. II).

Tabela II – Número de taxa, índice de diversidade ( $H'$ ), equitabilidade ( $E$ ), riqueza específica ( $R$ ) e abundância total registrados durante o período de análise.

	1º Dia	3º Dia	7º Dia	14º Dia	30º Dia	60º Dia	Total
<b>nº de Taxa</b>	13	19	17	19	22	24	38
<b>(<math>H'</math>)</b>	1,20	1,86	1,78	1,95	2,30	2,60	2,80
<b>(<math>E</math>)</b>	0,51	0,42	0,39	0,37	0,33	0,28	0,21
<b>(<math>R</math>)</b>	2,72	2,91	2,60	2,86	3,22	3,35	4,35
<b>Abundância</b>	82	169	475	676	1215	2297	4914

Tabela III – Lista de macroinvertebrados ocorridos durante o estudo. X = ocorrência do taxa.

Taxa	1º Dia	3º Dia	7º Dia	14º Dia	30º Dia	60º Dia	n total
EPHEMEROPTERA							
Baetidae – <i>Baetis</i>	X	X	X	X	X	X	722
Baetidae – <i>Baeto</i>	X	X	X		X	X	1
Leptophlebiidae - <i>Leptohyphes</i>	X						5
Leptophlebiidae - <i>Hylistes</i>	X						2
Leptophlebiidae - <i>Thraulodes</i>	X	X	X	X	X	X	382
DIPTERA							
Simuliidae - <i>Simulium</i>	X			X	X		21
Diyidae – sp.1			X				2
Chironomidae - <i>Chironomus</i>	X	X	X	X	X	X	2216
Tipulidae – sp.1				X	X	X	21
Ceratopogonidae – sp.1		X	X	X	X	X	178
Chaboridae – sp.1					X	X	32
Culicidae – <i>Culex</i>		X	X	X	X		36
Tabanidae – sp.1		X	X			X	2
TRICHOPTERA							
Helicopschidae - <i>Helicopsyche</i>	X						1
Philopotamanidae - <i>Chimarra</i>	X				X	X	58
Leptoceridae - <i>Triplectides</i>		X		X	X	X	43
Leptoceridae - <i>Nectopsyche</i>		X					1
Leptoceridae - <i>Oecetis</i>	X	X	X	X	X	X	152
Hydropsychidae - <i>Macronema</i>				X	X	X	55
Hydropsychidae - <i>Leptonema</i>	X		X			X	12
Limnephilidae - <i>Antartoecia</i>		X					1
Hydroptilidae – sp.1				X	X	X	25
COLEOPTERA							
Elmidae– <i>Heterelmis</i>	X	X					3
Elmidae– <i>Phanocerus</i>				X	X	X	73
Elmidae– <i>Microcyllopus</i>			X	X	X	X	483
Psephenidae– <i>Psephenus</i>		X		X	X	X	4
Staphilinidae (adulto) – sp 1		X					1
ODONATA							
Perilestidae– <i>Perilestes</i>		X	X			X	14
Libellulidae– <i>Libellula</i>		X				X	31
Megapodagrionidae–			X	X	X	X	64
PLECOPTERA							
Gryopterygidae– <i>Tupiperla</i>		X	X	X	X	X	27
ISOPODA– sp.1			X		X		9
ACARI - Hidracarina– sp.1		X	X	X	X	X	35
ACARI - Hidracarina– sp.2		X					2
Nematoda – sp.1	X						1
Hydrozoa – sp.1			X				5
DECAPODA							
Crustacea - Aeglidae – <i>Aegla</i>				X		X	2
GASTROPODA							
Mollusca–Hydrobiidae – sp.1				X	X	X	21

A figura 4 mostra as regressões lineares simples realizadas para as três resoluções taxonômicas testadas, relacionando a riqueza de espécies de macroinvertebrados com o número de amostras retiradas ao longo período de estudo, para a análise da colonização dos amostradores. Os valores obtidos para as retas da regressão para diferentes resoluções taxonômicas foram:  $R^2 = 0,58$  (Ordem),  $R^2 = 0,77$  (Família) e  $R^2 = 0,74$  (Gênero/Morfotipo) demonstrando que resoluções maiores e intermediárias descrevem melhor o processo de colonização quando relacionadas com a riqueza de determina resolução taxonômica. Sendo assim o nível de família seria suficiente para tecer conclusões.

A análise gráfica (Fig. 5) utilizada para verificar a sucessão ecológica, ou seja, a substituição nas abundâncias dos organismos ao longo do período de estudo, foi aplicada apenas para as oito famílias mais expressivas em termos de abundância durante o período de estudo (Chironomidae, Baetidae, Elmidae, Leptophlebiidae, Ceratopogonidae, Leptoceridae, Hydropschidae e Megapodagrionidae) onde as frequências percentuais foram analisas ao longo do período de estudo.

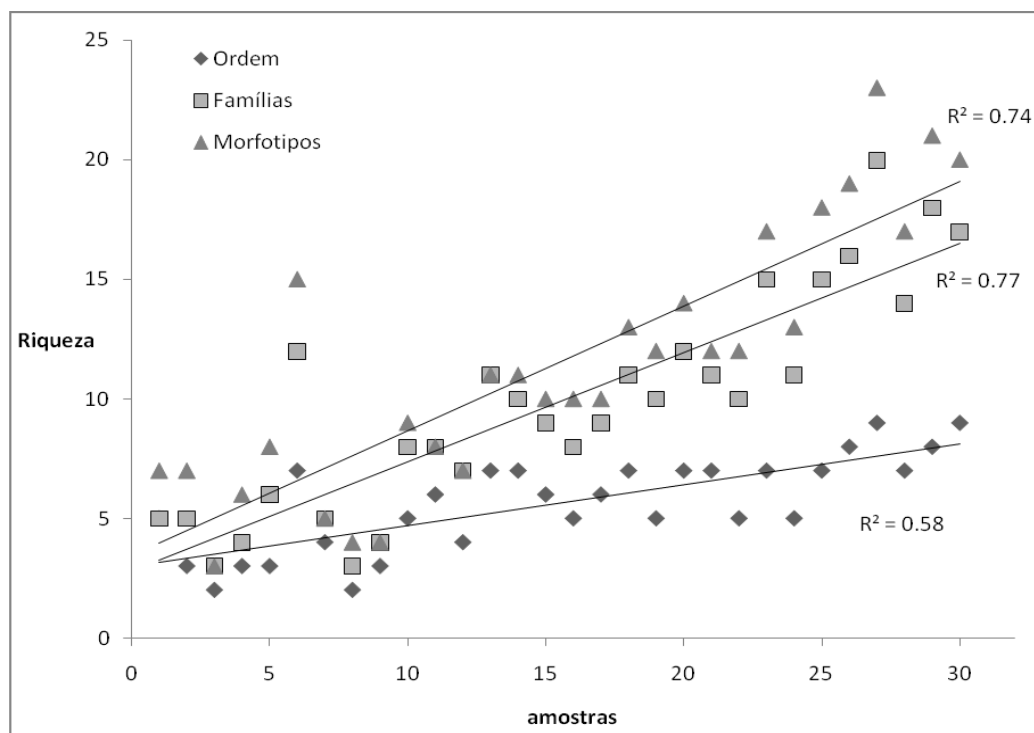


Figura 4 – Regressões lineares nas diferentes resoluções taxonômicas, relação à riqueza de espécies com o número de amostras ao retiradas ao longo do período de colonização.

As famílias Leptophlebiidae e Baetidae foram os organismos com maiores abundancias nos dias iniciais de colonização, no entanto, ao longo do período de estudo

suas abundâncias decresceram. O oposto foi observado para Chironomidae que teve sua abundância aumentada progressivamente durante o período, tornando-se a família dominante. A família Leptoceridae mostrou-se com a frequência equilibrada ao longo do processo de colonização, enquanto Elmidae foi caracterizada como colonizadores médio-tardio. Ceratopogonidae e Megapodagrionidae foram registrados a partir do 3º e 7º dia, respectivamente, mantendo-se estáveis no decorrer do período analisado. A família Hydropsychidae manteve-se estável durante o estudo, porém não houve registro dela no 3º dia de colonização.

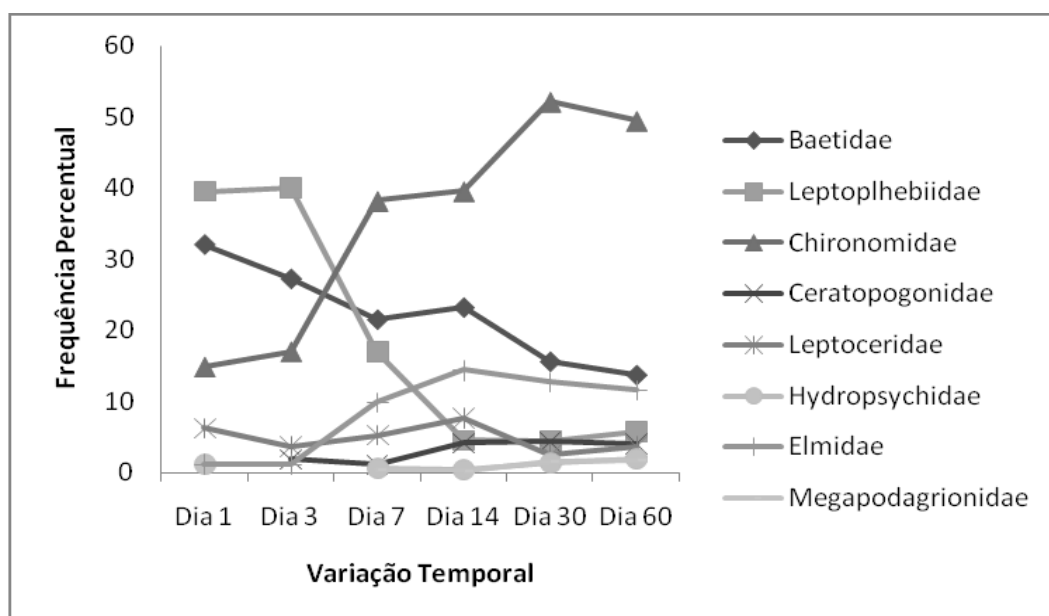


Figura 5 - Análise da abundância relativa parcial das oito famílias mais abundantes durante os intervalos de retirada.

A análise das guildas tróficas mostrou que durante o processo de colonização a guilda dos coletores foi mais abundante (57,7%), a mantendo-se estável ao longo do período. A segunda guilda com maior número de taxa registrados foi a dos organismos classificados como raspadores (18,0%). Diferentemente da guilda dos coletores, esta última mostrou-se ser mais representativa no início da colonização e sofrendo uma redução em sua abundância nos períodos mais tardios. Paralelamente, a guilda dos coletores/raspadores (11,4%) mostrou ser um grupo de ocorrência intermediário-tardio, registrando suas maiores frequências após o 7º dia de colonização. As guildas de menor ocorrência foram a dos predadores (5,9%), fragmentadores (3,1%), filtradores/coletores (3,1%), predador/fragmentador (0,9%) e parasitas (0,02%).

O resultado da representação gráfica do NMDS (Fig. 6) para as três resoluções taxonômicas testadas (Ordem, Família e Gênero/Morfotipo) permite observar que ocorreu uma forte tendência a formação de dois agrupamentos distintos, o primeiro formado pelas datas iniciais de colonização dia 1 e 3 enquanto que os segundo agrupamento refere-se aos outros intervalos de retirada. O mesmo pode ser observado quando comparamos as guildas, isso sugere que houve diferença entre os dias iniciais de colonização e os dias tardios. O stress calculado foi baixo em todas as resoluções testadas (0,07 foi o valor mais alto registrado) o que garante uma maior confiabilidade da interpretação dos resultados. (Fig. 6)

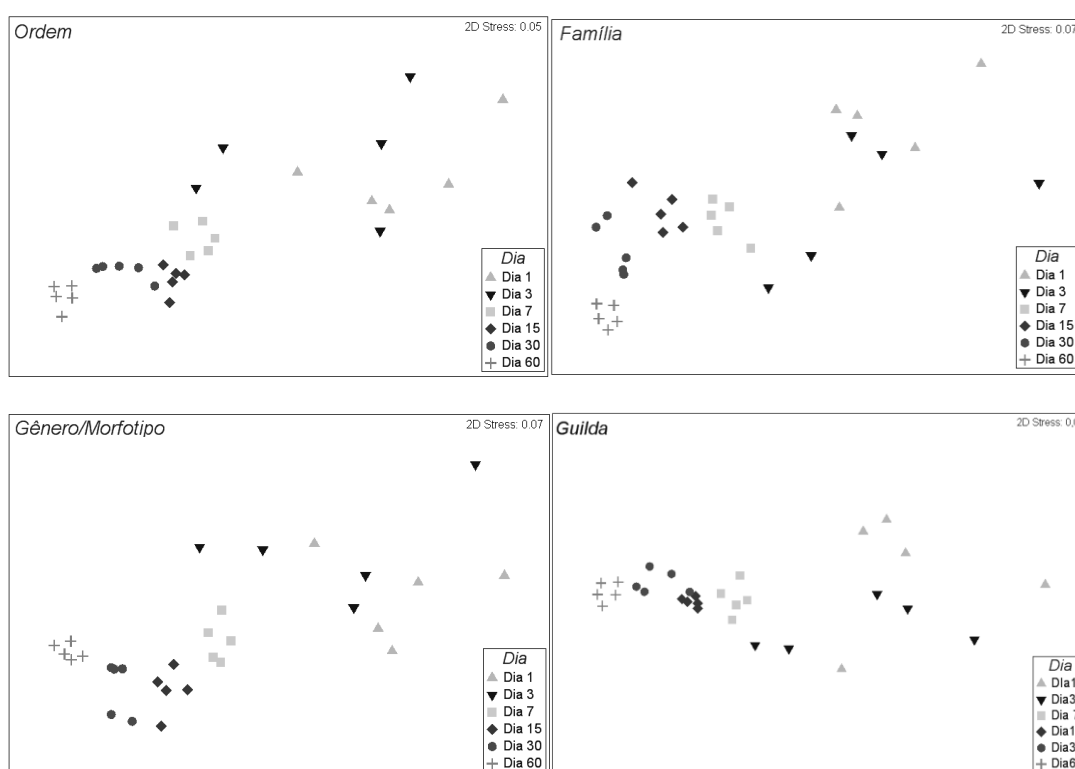


Figura 6 – Representação gráfica da ordenação resultante da análise de escalonamento multidimensional não métrica (NMDS) para três resoluções taxonômicas (Ordem, Família, Gênero/ Morfotipo) e Guilda.

O resultado da análise entre similaridades ANOSIM para as resoluções testadas ( $R = 0,7$ -  $p = 0,1\%$ ) demonstrou que quando comparadas as similaridades entre os intervalos de retirada houve diferenças significativas para todas as resoluções taxonômicas e também para as guildas tróficas testadas onde o valor de foi sempre  $p=0,8\%$ , a única exceção ficou entre os intervalos de retirada do dia 1 quando comparado com o dia 3  $p = 31\%$  (Ordem),  $p=26,4\%$  (Família e Guilda) e  $p = 17,5$

(Gênero/Morfotipo) mostrando que as amostras entre estes intervalos de início de colonização são praticamente idênticas. Quando comparados os dias iniciais de colonização (1º, 3º dia) com o intervalo mais tardios (30º e 60º dia) os valores de R são muito próximos a 1, indicando que houve diferença entre comunidade inicial quando comparada a partir do 7º dia de colonização em todas as resoluções testadas.

Através da análise SIMPER , foi possível verificar quais taxa estariam contribuindo para definir o padrão de estruturação da comunidade sob a ótica das diferentes resoluções taxonômicas. e para as guildas tróficas (Tab. IV; Tab. V; Tab. VI e Tab. VII). Os valores em destaque são os taxa que mais contribuíram para a relação entre as amostras.

Destaca-se que ao nível de Ordem sempre Ephemeroptera e Diptera foram as ordens que mais contribuíram para a estruturação das amostras ao longo do tempo, entretanto este nível dilui a compreensão do processo temporal. Já no nível de família nota-se uma substituição nesta contribuição, inicialmente (dia 1 e 3) Leptophlebiidae e Baetidae (Ephemeroptera) tem maiores contribuições e a partir do dia 7, Chironomidae (Diptera) passa ser a família que mais contribui na definição da estrutura da comunidade. Quanto analisada sob a ótica da maior resolução os resultados foram muito similares, os gêneros *Thraulodes* e *Baetis* são os que apresentam maiores contribuições (ambos pertencem a ordem Ephemeroptera) e similarmente ao que acontece na resolução de Família, o gênero *Chironomus* passa ser o táxon de maior representatividade nas amostras a partir do dia 7 até o dia 60.

O SIMPER quando aplicado as guildas tróficas mostrou que durante todo o período de estudo as guildas mais representativas, portanto as que mais contribuíram para a determinar a relação temporal foram os coletores e os raspadores, os outros grupos tais como Predadores, Filtradores/Coletores, Coletores/Raspadores começam a contribuir a partir do sétimo dia de experimento.

Tabela IV – Análise de quebra de similaridades – SIMPER para resolução taxonômica Ordem. Valores \* - valor médio de similaridade da amostra; valores em negrito – taxa com maiores contribuições para a similaridade das amostras. Valores em porcentagem.

Ordem	Dia 1 (66,25*)	Dia 3 (56,48*)	Dia 7 (83,76*)	Dia 14 (85,04*)	Dia 30 (86,08*)	Dia 60 (88,17*)
Ephemeroptera	<b>50,46</b>	<b>59,34</b>	<b>32,65</b>	<b>26,52</b>	<b>22,07</b>	<b>18,80</b>
Diptera	<b>33,98</b>	<b>29,24</b>	<b>33,32</b>	<b>35,17</b>	<b>38,95</b>	<b>34,43</b>
Trichoptera	15,56		12,08	15,24	11,75	13,21
Coleoptera		4,75	15,02	19,36	19,43	16,47
Odonata						8,55

Tabela V - Análise de quebra de similaridades – SIMPER para resolução taxonômica Família. Valores \* - valor médio de similaridade da amostra; valores em negrito – taxa com maiores contribuições para a similaridade das amostras. Valores em porcentagem.

Gênero/Morfotipo	Dia 1 (52,34*)	Dia 3 (46,18*)	Dia 7 (76,23*)	Dia 14 (74,15*)	Dia 30 (75,36*)	Dia 60 (79,26*)
<i>Thraulodes</i>	<b>31,17</b>	<b>30,23</b>	<b>18,60</b>	5,47	2,73	7,48
<i>Baetis</i>	<b>30,82</b>	<b>42,72</b>	<b>18,22</b>	<b>20,98</b>	<b>15,86</b>	<b>9,42</b>
<i>Chironomus</i>	16,11	16,11	<b>28,18</b>	<b>27,62</b>	<b>28,98</b>	<b>23,68</b>
<i>Microcyllopus</i>			12,76	14,75	<b>14,70</b>	<b>10,24</b>
<i>Oecetis</i>			9,43	9,03	5,31	4,69
Ceratopogonidae <i>sp1.</i>				4,94	8,79	5,80
<i>Triplectides</i>				6,07		
<i>Phanocerus</i>				3,70	2,60	4,60
<i>Hetaragrion</i>					5,42	



Tabela VI - Análise de quebra de similaridades – SIMPER para resolução taxonômica Gênero/Morfotipo. Valores \* - valor médio de similaridade da amostra; valores em negrito – taxa com maiores contribuições para a similaridade das amostras. Valores em porcentagem.

Famílias	Dia 1 (59,53*)	Dia 3 (48,56*)	Dia 7 (78,26*)	Dia 14 (74,26*)	Dia 30 (77,54*)	Dia 60 (81,57*)
Leptophlebiidae	<b>37,09</b>	<b>44,05</b>	<b>18,22</b>	5,82	2,86	7,96
Baetidae	<b>34,04</b>	<b>30,73</b>	<b>19,57</b>	<b>22,44</b>	<b>17,25</b>	<b>11,91</b>
Chironomidae	24,06	16,43	<b>28,23</b>	<b>29,56</b>	<b>30,02</b>	<b>25,16</b>
Elmidae			12,78	17,13	15,66	<b>12,24</b>
Leptoceridae			9,43	11,77	6,24	6,35
Culicidae			8,56			
Ceratopogonidae				5,32	9,10	
Megapodagrionidae					5,61	4,81
Hydropschidae					4,67	4,84

Tabela VII - Análise de quebra de similaridades – SIMPER para resolução de Guildas Tróficas. Valores \* - valor médio de similaridade da amostra. Valores em negrito – taxa com maiores contribuições para a similaridade das amostras. Valores em porcentagem.

Guildas	Dia 1 (61,16*)	Dia 3 (62,88*)	Dia 7 (87,57*)	Dia 14 (93,54*)	Dia 30 (86,97*)	Dia 60 (90,79*)
Coletor	<b>54,11</b>	<b>43,78</b>	<b>42,37</b>	<b>31,70</b>	<b>38,65</b>	<b>37,53</b>
Raspador	<b>39,42</b>	<b>42,10</b>	<b>23,42</b>	<b>22,21</b>	<b>21,31</b>	<b>17,92</b>
Fragmentador		11,72		6,74		
Coletor/Raspador			15,25	16,23	<b>18,83</b>	<b>16,37</b>
Predador			12,65	10,52	11,23	12,19
Filtrador/Coletor				6,45		7,83

## DISCUSSÃO

Os macroinvertebrados representam um grupo de organismos que permite analisar o processo de colonização e sucessão ecológica de maneira experimental, devido a fatores como sua grande abundância, pouca mobilidade, tolerância e resistência a efeitos bióticos e abióticos (Gullan & Cranston, (1996) e Callisto & Esteves, (1998),

A escala temporal varia nos diversos estudos já realizados, variando de 4 a 6 dias em alguns experimentos (Townsend & Hildrew, 1976; Lake & Doeg ,1985), em períodos de 10 a 30 dias (Wise & Molles, 1979 ; Lake & Doeg, 1985; Minshall & Petersen, 1985; Petersen, 1986) ou até vários meses (Pereira et al. 2010). Em nosso experimento a duração foi de 60 dias, período este considerado maior do que o sugerido pela literatura científica. Nossos resultados demonstraram que a comunidade esteve em crescimento, ou seja, houve adição de espécies ao longo do tempo onde algumas sofreram variações em suas abundâncias ao decorrer da colonização e sucessão, de acordo com a teoria proposta por Gleason, onde a sucessão refletiu apenas mudança na comunidade sem necessariamente implicar em um fim.

Em relação ao local, ao tempo de análise e ao uso de diferentes tipos de amostradores, a literatura mostra a variação no número de taxa identificados de macroinvertebrados: 21 dias, 33 taxa (Carvalho & Uieda, 2006); 21 dias nas estações seca e chuvosa, 24 e 27 taxa, respectivamente (Carvalho et al. 2008); em 90 dias, 10 taxa (Pereira et al. 2010). No entanto, de maneira geral, a literatura permite evidenciar um padrão de abundância dos taxa durante a colonização. O predomínio de Insecta foi registrado por Volkmer-Ribeiro et al. (2004). As famílias mais abundantes foram Chironomidae, Baetidae e Leptophlebiidae (Carvalho & Uieda 2006); Chironomidae, Leptohyphidae, Hydropsychidae, Elmidae, Hydroptilidae e imaturos de Trichoptera (Carvalho et al. 2008); Chironomidae seguida de Ephemeroptera e Trichoptera (Thomazi et al. 2008), similarmente aos nossos dados de abundância de famílias.

A determinação das famílias Baetidae, Leptophlebiidae e Chironomidae, abundantes na fase inicial de colonização, corrobora com os descritos de Hynes (1975), Gore (1979), Lamberti & Moore (1984), Lake & Doeg (1985), Parker (1989), McElravy e colaboradores (1989), Lamberti et al. (1991), Merrit & Cummins (1996). A predominância de Chironomidae deve-se ao fato destes organismos apresentarem tolerância a diversas situações e grande capacidade competitiva, permitindo assim colonizarem ambientes lênticos e lóticos (Callisto et al, 2001).

De acordo com Mackay (1992) os substratos dos ambientes lóticos são colonizados rapidamente pelos organismos em deriva e principalmente daqueles que tem maior capacidade de natação. Os organismos com habilidade natatória são melhores colonizadores quando comparados aos rastejantes, que apresentam movimentos limitados ou dependem da correnteza para se locomover (Doeg et al 1989). Por ser grande a variedade de hábitos e estruturas anatômicas encontrados nos macroinvertebrados, registrados no presente estudo, alguns taxa tornam-se melhores colonizadores que outros, por exemplo, Ephemeroptera e Odonata apresentam capacidade de natação devido às adaptações morfológicas como: corpo achatado, liso e alongado com pernas laterais que lhe garantem melhor adesão ao substrato, enquanto Chironomidae, além da habilidade natatória apresentam ainda a capacidade de dispersão na coluna d' água (Harrison & Hildrew, 2001).

No estudo através da verificação da sucessão ecológica, foi evidenciado que, principalmente, os Ephemeroptera (Baetidae e Leptophlebiidae) seguidos de Diptera (Chironomidae) foram caracterizados como colonizadores iniciais, enquanto os colonizadores tardios foram representados principalmente por alguns Trichoptera (Leptoceridae, Philopotamanidae, Hydropschidae) e Odonata (Libellulidae e Megapodagrionidae) resultados similares foram obtidos por Carvalho *et al.* (2008).

Considerando a substituição e a variação na abundância dos taxa ao longo do período de estudo, é notável a diminuição na abundância das famílias Baetidae e Leptophlebiidae e o aumento da família Chironomidae, podendo tal fato ser consequência das interações biológicas ocorridas no processo de colonização influenciando na estruturação da comunidade. A variação na abundância dos referidos taxa podem ou não estar associados ao surgimento dos predadores Odonata e alguns Trichoptera que tiveram a abundância aumentada a partir do 14º dia, podendo ter afetado o grupo para o aumento progressivo da abundância e, consequentemente, dominância de Chironomidae. No entanto para comprovar ou refutar está hipótese são necessários experimentos que testem estas possibilidades.

A análise sob a ótica das diferentes resoluções taxonômicas permitiu verificar que quando os organismos são analisados em níveis maiores de resolução (Gênero/Morfotipo) e intermediários (Família) de identificação o processo de colonização e sucessão é melhor que o nível mais baixo de resolução (Ordem) quando foram analisados em relação a riqueza de taxa das resoluções específicas. Visto que quanto maior for a resolução mais taxa irão compor esta comunidade a tendência oposta

ao que se observa ao nível de ordem onde os organismos são agrupados como foi verificado nas comparações entre as matrizes das diferentes resoluções taxonômicas.

Em contrapartida quando as três resoluções foram analisadas em escalonamento multidimensional visando comparar as similaridades entre as resoluções testadas observou-se que não houve diferenças significativas entre elas, ou seja, todas as resoluções responderam de maneira similar ao processo sucessional. Foram observados dois agrupamentos distintos nas três resoluções onde o primeiro compreendia o 1º e o 3º dia de colonização, como era esperada a fauna nestas datas foram muito similares, enquanto que o segundo agrupamento remete aos dias restantes (7, 14, 30 e 60) considerados médios e tardios de colonização.

Mazzini (2007) também encontrou resultados opostos aos nossos, em seu estudo com diferentes resoluções taxonômicas para diagnósticos ambientais em ecossistemas lóticas, neste caso a medida que se refinou a identificação taxonômica houve um redução na capacidade de algumas métricas em encontrar divergências entre as classes de organismos. Segundo Schmidt-Kloiber & Nijboer (2004), métricas que incluem valores de abundância ou número total de táxons, como índices de riqueza e diversidade, são aplicáveis em todos os níveis de resolução taxonômica, dessa forma permitem que se façam inferências e distinções nas análises de processos ecológicos ou de qualidade ecológica.

Melo (2005) também testou os efeitos das resoluções taxonômicas e numéricas (dados de densidade e presença/ausência) para a capacidade de se detectar padrões ecológicos em escala local em um córrego e obteve resultados que sugeriram resoluções taxonômicas em nível de família utilizando as densidades destes organismos e não apenas presença e ausência são confiáveis para a interpretação de estruturação, caracterização e estudos de processos ecológicos a nível local.

Em nosso trabalho as observações de Melo (2005), Marshall et al (2006) e Merchant et al (1995) afirmando que o nível de família é tão representativo quanto nível de espécie, gênero ou morfotipos. Mesmo não detectando diferenças significativas entre estas resoluções, podemos afirmar através das análises do SIMPER, quando comparamos as resoluções família e gênero/morfotipo, observamos que os gêneros que mais contribuem para as similaridades das amostras são pertencentes aos mesmos grupos que contribui para o aumento da similaridade da resolução taxonômica ao nível de família.

Este resultado implica em métodos que permitam avaliar condições ambientais dos ecossistemas aquáticos (biomoniotamento), relevantes para a conservação e monitoramento destes ecossistemas. Ao analisarmos a colonização e sucessão sob a ótica das diferentes resoluções taxonômicas foi possível observar que para o estudo dos macroinvertebrados níveis intermediários de identificação como família, podem obter respostas similares e com boa confiabilidade em termos ecológicos, em nível de riqueza de espécies e abundância de organismos identificados, composição e estruturação da fauna, quando comparadas a resoluções taxonômicas maiores como gêneros, morfotipos e até mesmo espécies. Isso permite uma boa avaliação de ambientes aquáticos, pois demanda menos tempo para triagem e identificação de organismos, bem como a redução no tempo de identificação no nível de espécie que demanda a presença de um especialista em determinado grupo, dessa maneira reduzindo custos financeiros e aumentando a velocidade para a obtenção de respostas ambientais.

Lavoie et al. (2009) ainda completa que a exclusão de alguns taxa nas análises estatísticas pode comprometer os resultados quando avaliados em presença/ ausência, entretanto analisando em termos de abundância total dos organismos, os taxa que apresentem abundância relativa máxima inferior a 2% não interferem nas análises de estruturação, composição de comunidades ou estudos de processos ecológicos. Optamos por analisar em todas as resoluções testadas com os valores das abundâncias totais dos organismos e sem exclusão de nenhum taxa, mesmo aqueles com densidade total inferior a 2%, considerados taxa raros, ao longo do período de estudo. Um dos principais argumentos contra a exclusão de espécies raras em análises estatísticas é que informações valiosas podem ser perdidas, e que não há justificativa biológica para a exclusão de espécie rara (Cao et al., 2001).

As guildas tróficas também possibilitaram outra forma de compreensão dos padrões estruturais das comunidades de macroinvertebrados (Callisto & Esteves, 1998). A análise para a resolução ecológica de guildas tróficas mostrou a formação dos agrupamentos no NMDS parecidas com as análises taxonômicas, aliado aos resultados do SIMPER. O fato que levou as amostras dos intervalos serem muito similares entre elas (agrupamento 1 - dias 1 e 3) e (agrupamento 2 - dias 7, 14, 30, 60) foram as baixas densidades no caso e também poucas guildas registradas, enquanto que no agrupamento 2 as densidades de coletores e raspadores foram muito mais altas que as outras guildas tornando as amostras mais similares. Os atratores simularam o leito do rio estudado (caracterizado como de 3ª ordem, com zona ripária bem conservada). Tais

características do ambiente e do amostrador possibilitaram, em relação às guildas tróficas, uma maior abundância de organismos raspadores e coletores no início do processo de colonização, corroborando os dados de Vannote et al. (1980).

Esperávamos inicialmente encontrar diferenças na composição da fauna como proposto por Clements, ou seja, estágios iniciais, intermediários e tardios com estruturação e taxas diferentes dessa maneira constataríamos um processo claramente discreto de sucessão ecológica. Porém ao final do estudo, através do NMDS, as análises de similaridades das amostras (SIMPER, ANOSIN), observamos um processo aditivo e cumulativo de taxa em todas as resoluções testadas, bem como para guildas tróficas, e não discreto como era o esperado para a teoria de sucessão ecológica gleisoniana.

## REFERENCIAS

Baptista, D.F. 2008. Uso de macroinvertebrados em procedimentos de biomonitoramento em ecossistemas aquáticos. *Oecologia brasiliensis* 12(3): 425-441.

Callisto, M. & F. A. Esteves, 1998. Categorização funcional dos macroinvertebrados bentônicos em quatro ecossistemas lóticos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita na Amazônia Central (Brasil). *Oecologia Brasiliensis* 5: 223-234.

Cao, Y., D.P. Larsen., R.S. Thorne., 2001. Rare species in multivariate analysis for bioassessment: some considerations. *Journal of North America Benthological Society* 20: 144–153.

Carvalho, E. M & V. S Uieda, 2006. Colonization routes of benthic macroinvertebrates in a stream in southeast Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 18(4): 367-376.

Carvalho, E. M., V. S. Uieda & R. L. da Motta, 2008. Colonization of rocky and leaf Pack substrates by benthic macroinvertebrates in a stream in Southeast Brazil. *Bioikos* 22(1): 33-44.

Chacón, M.M. & S. Segnini, (1996), Reconocimiento Taxonomico de lãs Nayadesdel Ordem Ephemeropteraenla Deriva de dos Rios de Alta Montaña em El Etado Merida, Venezuela. *Boletín de Entomología Venezolana* 11: 103 – 122.

Clarke, K.R. & R.N. Gorley, 2006. Primer v6: user manual/tutorial. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth.

Clarke, K.R. & R.M. Warwick. 2001. Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2<sup>nd</sup> edition, PRIMER - E: Plymouth.

- Clements, F. E. 1916. Plant succession : An analysis of the development of Vegetation. Carnegie Institute. Washington Publisher. 242 - 512.
- Connell, J. H. & R. O. Slatyer. 1977. Mechanisms of Succession in Natural Communities and Their Role in Community Stability and Organization. *The American Naturalist*, 111 (982): 1119-1144.
- Costa, J. M., L.O.I. De Souza & B. B. Oldrini, 2004. Chave para Identificação das Famílias e Gêneros das Larvas Conhecidas de Odonata do Brasil: Comentários e Registros Bibliográficos (Insecta, Odonata). *Publicações Avulsas do Museu Nacional* 99: 1 - 44.
- Doeg, T. J., R Marchant, M. Douglas, & P. S Lake, 1989. Experimental colonization of sand, gravel, and stones by macroinvertebrates in the Icheron River, southeastern Australia. *Freshwater Biology* 22: 57-64.
- Esteves, F. A., 2011. Fundamentos de limnologia. (3ªed.), Rio de Janeiro: Interciência.
- Gleason, H.A.1926. The individualistic concept of the plant association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 53: 7-26.
- Gore, J. A. 1979. Patterns of initial benthic recolonization of a reclaimed coal strip-mined river channel. *Canadian Journal of Zoology* 57: 2429-2439.
- Gullan, P. J. & P. S. Cranston, 2008. Os Insetos um resumo da entomologia. 3ªed. São Paulo: Roca.
- Harrison, S. S. C. & A. G. Hildrew, 2001. Epilithic communities and habitat heterogeneity in a lake littoral. *Journal of Animal Ecology* 20: 692-707.
- Hynes, J. D., 1975. Annual cycles of macro-invertebrates of a river in southern Ghana *Freshwater Biology* 5: 71-83
- Krebs, C.J., 1999. *Ecological Methodology*. (2ed.), Addison-Wesley Educational Publishers, Inc.
- Lake, P. S. & T. J. Doeg, 1985. Macroinvertebratescolonizations of stones in two upland southern Australian streams. *Hydrobiologia* 126: 199-212.
- Lamberti, G. A & J.W Moore, 1984.Aquatic insects as primary consumers, 164-195.In Resh, V. H. & D. M. Rosenberg. *The ecology of aquatic insects*. Prager Publishers, New York, NY.
- Lamberti, G. A., S. V Gregory, L. R Ashkenas, R. C. Wildman & K. M. S Moore, 1991. Stream ecosystem reovery following a catastrophic debris flow. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 48: 19-208.

- Lavoie, I., P. J. Dillon., S. Campeau. 2009. The effect of excluding diatom taxa and reducing taxonomic resolution on multivariate analyses and stream bioassessment. *Ecological Indicators* 9: 213-225.
- Longino, J. T & R. K. Colwell, 1997. Biodiversity assessment using structured inventory: capturing the ant fauna of a tropical rain forest. *Ecological Applications* 7 (4): 1263-1277.
- Lopretto, E.C. & G. Tell, 1995. Ecossistemas de águas continentales – metodologias para su estudio. Tomo II e III. Ediciones Sur, La Plata.
- Maack, R., 1981. Geografia física do estado do Paraná. 2ed. Rio de Janeiro: J. Olympio.
- Mackay, R. J., 1992. Colonization by lotic macroinvertebrates: a review of processes and patterns. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 49: 617-628.
- Marshall, J. C., A. L. Steward & B. D. Harch. 2006. Taxonomic resolution and quantification of freshwater macroinvertebrate samples from an Australian dryland river: the benefits and costs of using species abundance data. *Hydrobiologia* 572: 171-194.
- Mazzini, F. 2007. Efeitos da resolução taxonômica de invertebrados bentônicos no diagnóstico da qualidade ambiental de ecossistemas lóticos. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – ESALQ/USP, São Paulo, 93.
- McElravy, E. P., G. A. Lamberti & V. H. Resh. 1989. Year to year variation in the aquatic macroinvertebrates fauna of northern California stream *Journal of North America Benthological Society* 8: 51-63.
- Melo, A. S. 2005. Effects of taxonomic and numeric resolution on the ability to detect ecological patterns at a local scale using stream macroinvertebrates. *Arch Hydrobiol* 164 (3): 309 - 323.
- Merritt, R.W. & K.W. Cummins, 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3º ed., Kendall/ Hunt Publishing Company, Dubuque Iowa.
- Minshall, G. W. & R. C. Petersen, 1985. Towards a theory of macroinvertebrates community structure in stream ecosystems. *Archives of hydrobiology* 104: 49-76.
- Pellicice, F. M. & H. A. Gleason. 2010. um “ecólogo fora da lei” ou uma equivocada legislação da natureza? in: Petry, A. C.; F. M. Pellicice ; L. M. Bellini.(orgs.). ecólogos e suas histórias: um olhar sobre a construção das idéias ecológicas. Maringá: eduem. 61-87.



- Pereira, D, M. C. D. Mansur, C. Vollmer-Ribeiro, M. D. de Oliveira, C. P dos Santos & P. E. A. Bergonci, 2010. Colonização de substrato artificial por macroinvertebrados límnicos, no delta do rio Jacuí (RS, Brasil). *Biotemas* 23 (1): 101-110.
- Pérez, G. R., 1988. Guia para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos Del Departamento de Antioquia. Editorial Presencia Ltda, Bogotá.
- Poff, N. L. 1997. Landscape filters and species traits: toward mechanistic understanding and prediction in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society* 16: 391-409.
- Resh, V. H. & McElravy, E. P. 1993. Contemporary quantitative approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In Rosenberg, D. M. & V. H. Resh (eds), *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates* Chapman & Hall, New York, 159–194.
- Resh, V. H., Norris R. H. & Barbour, M. T. 1995. Design and implementation of rapid assessment approaches for water resource monitoring using macroinvertebrates. *Australian Journal of Ecology* 20: 108–121.
- Ribeiro, L. O & V. S. Uieda, 2005. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22 (3):613-618.
- Rosenberg, D. M. & V. H. Resh, 1996. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York.
- Schmidt-Kloiber, A. & R. C. Nijboer. 2004. The effect of taxonomic resolution on the assessment of ecological water quality classes. *Hydrobiologia*, Bucuresti, 516: 269-283.
- Silveira, M. P & J. F. Queiroz, 2006. Uso de coletores com substrato artificial para monitoramento biológico de qualidade de água. Comunicado técnico, Embrapa, Jaguariuna, SP.
- Simberloff, D. & T. Dayan, 1991. The guild concept and the structure of ecological communities. *Annual Review of Ecology and Systematic* 22: 115-143.
- SPVS., 1999. Plano de manejo para as unidades de conservação da “área particular protegida Morro da Mina”. Vol. 3.
- Thorpe, J. H. & A. P. Covich, 2010. *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. (3ed.), London: Elsevier, Inc.

- Trivinho-Strixino, S. & G. Strixino, 1995, Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo - Guia de Identificação e Diagnose dos Gêneros. Editora da Universidade de São Carlos, São Carlos.
- Tundisi, J. G. & T. M. Tundisi, 2011. Recursos hídricos no século XXI. São Paulo: Oficina de textos.
- Townsend, C. R. & A. G. Hildrew, 1976. Field experiments on the drifting, colonization and continuous redistribution of stream benthos. *Journal of Animal Ecology* 45: 759-772.
- Vannote, R. L., G. W. Minshall, K. W. L. Cummins, J. R. Sedell & C. E. Cushing, 1980. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 37:130-137.
- Volkmer-Ribeiro, C., D. L. Guadagnin, R. De Rosa-Barbosa, M. M. Silva, S. Drügg-Hahn, V. L. Lopes-Pitoni, H. A. O. Gastal, M. P. Barros & L. V. Demaman, 2004. A Polyethyleneterephthalate (PET) device for sampling freshwater benthic macroinvertebrates. *Brazilian Journal of Biology* 64 (3A): 531-541.
- Voshell Jr, J. R., 2002. A guide to common freshwater invertebrates of North America. Ohio: The McDonald & Woodward Publishing Company.
- Wiggins, G. B., 1996. Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera). (2° ed.), University of Toronto Press, Toronto.
- Wise, D. H. & M. C. Molles, 1979. Colonization of artificial substrates by stream insects: influence of substrate size and diversity. *Hydrobiologia* 65: 69-74.
- Zar, J.H., 2010. Biostatistical Analysis, (5.ed.), Editora Prentice-Hall, Inc. New Jersey.